

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-224853

(43)Date of publication of application : 17.08.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 13/24

G02B 19/00

G03B 27/32

G03F 7/20

(21)Application number : 10-296530

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 19.10.1998

(72)Inventor : SUGIYAMA KAYO
TANITSU OSAMU

(30)Priority

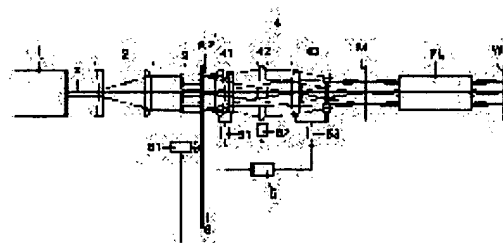
Priority number : 09347088 Priority date : 01.12.1997 Priority country : JP

(54) LIGHTING OPTICAL DEVICE, ALIGNER, EXPOSURE METHOD, AND SEMICONDUCTOR DEVICE
MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a lighting optical device, an aligner and its exposure method, and a method for manufacturing semiconductor device, wherein with a short movement of a lens, uneven illuminance is adjusted, while fluctuations in telecentricity of a lens system are corrected.

SOLUTION: The light flux from a light source 1 is made incident on an optical integrator 3 to form a plurality of light source images, and the light flux from the light source image is made incident, in superimposed manner, on a surface M which is to be irradiated through a condenser lens 4, wherein the condenser lens 4 comprises at least 3-group lenses 41-43, with the second lens group 42 and the third lens group 43 being interdependently movable so as to change a focal length, while the rear side focal point of the condenser lens 4 is kept constant, and with the first lens group 41 which is movable so as to correct the fluctuations in telecentricity of the condenser lens 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In illumination-light study equipment which is made to carry out incidence of the flux of light from the light source to an optical integrator, forms two or more light source images, and irradiates the flux of light from these two or more light source images in superposition on an irradiated plane through a condenser lens Said condenser lens consists of a 1st lens group, a 2nd lens group, and a 3rd lens group at least. Said 2nd lens group and said 3rd lens group It is interdependently constituted movable so that a focal distance of said condenser lens may be changed keeping constant a backside [said condenser lens] focal location. Said 1st lens group It is illumination-light study equipment characterized by constituting independently said 2nd lens group and said 3rd lens group movable so that fluctuation of telecentricity of said condenser lens produced by migration with said 2nd lens group and said 3rd lens group may be amended.

[Claim 2] Said 1st lens group, the 2nd lens group, and the 3rd lens group are illumination-light study equipment according to claim 1 which sets a focal distance of said 1st lens group to f_1 , sets a focal distance of said 2nd lens group to f_2 , sets a focal distance of said 3rd lens group to f_3 , and is characterized by satisfying the following conditions.

$|f_1| \geq 1000$ (mm)

$f_2 > 0, f_3 < 0$ -- [Claim 3] In an aligner which leads the flux of light from the light source to a mask by illumination-light study system, and imprints a pattern on this mask to a substrate An optical integrator with which said illumination-light study system forms two or more light source images based on the flux of light from said light source, It has a condenser lens which condenses the flux of light from said two or more light source images formed with this optical integrator, and illuminates said mask. Said condenser lens consists of a 1st lens group, a 2nd lens group, and a 3rd lens group at least. Said 2nd lens group and said 3rd lens group It is interdependently constituted movable so that a focal distance of said condenser lens may be changed keeping constant a backside [said condenser lens] focal location. Said 1st lens group It is the aligner characterized by constituting independently said 2nd lens group and said 3rd lens group movable so that fluctuation of telecentricity of said condenser lens produced by migration with said 2nd lens group and said 3rd lens group may be amended.

[Claim 4] In an exposure method which leads the flux of light from the light source to a mask by illumination-light study system, and imprints a pattern on this mask to a substrate An optical integrator with which said illumination-light study system forms two or more light source images based on the flux of light from said light source, It has a condenser lens which condenses the flux of light from said two or more light source images formed with this optical integrator, and illuminates said mask. Said condenser lens consists of a 1st lens group, a 2nd lens group, and a 3rd lens group at least. Said 2nd lens group and said 3rd lens group It is made to move interdependently so that a focal distance of said condenser lens may be changed keeping constant a backside [said condenser lens] focal location. Said 1st lens group It is the exposure method characterized by moving independently said 2nd lens group and said 3rd lens group so that fluctuation of telecentricity of said condenser lens produced by migration with said 2nd lens group and said 3rd lens group may be amended.

[Claim 5] A lighting production process which illuminates in superposition a mask which was made to carry out incidence of the flux of light from the light source to an optical integrator, formed two or more light source images, and has been arranged through a condenser lens at an irradiated plane in the flux of light from these two or more light source images, In a method of manufacturing a semiconductor device including an exposure production process which exposes to a substrate a pattern formed on said mask Said condenser lens consists of a 1st lens group, a 2nd lens group, and a 3rd lens group at least. Said 2nd lens group and said 3rd lens group It is made to move interdependently so that a focal distance of said condenser lens may be changed keeping constant a backside [said condenser lens] focal location. Said 1st lens group It is the semiconductor device manufacture method characterized by moving independently said 2nd lens group and said 3rd lens group so that fluctuation of telecentricity of said condenser lens produced by migration with said

2nd lens group and said 3rd lens group may be amended.

[Claim 6] Said 1st lens group, the 2nd lens group, and the 3rd lens group are the semiconductor device manufacture method according to claim 5 which sets a focal distance of said 1st lens group to f_1 , sets a focal distance of said 2nd lens group to f_2 , sets a focal distance of said 3rd lens group to f_3 , and is characterized by satisfying the following conditions.

$$|f_1| \geq 1000 \text{ (mm)}$$

$$f_2 > 0, f_3 < 0$$

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the aligner, its exposure method, and also the semiconductor device manufacture method for manufacturing the illumination-light study equipment for illuminating an irradiated object to homogeneity, and a semiconductor device.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the aligner used for manufacture of a semiconductor device, the circuit pattern formed on the projection original editions (it is named a mask generically in this specification.), such as a reticle and a mask, is illuminated by the illumination-light study system, and the photolithography production process which carries out the image formation imprint of this pattern on photosensitive substrates (it is named a substrate generically in this specification.), such as a glass plate which applied sensitization agents, such as a resist, by projection optics, and a wafer, is used. In this aligner, although an illumination-light study system is designed so that a mask side and a substrate side may be illuminated to homogeneity, illuminance heterogeneity (the so-called illuminance unevenness) which is different for every equipment from the error produced on manufacture occurs, therefore it is necessary to adjust illuminance unevenness in the culmination of a manufacturing process. Conventionally, the method currently indicated by JP,4-13686,B is learned as a method of adjusting illuminance unevenness. That is, constituting the optical integrator which is made to condense the flux of light from the light source for an illumination-light study system, and forms two or more light source images, and the flux of light from two or more of these light source images from a lens system which irradiates an irradiated plane, and maintaining the focal distance of this lens system uniformly, the lens which constitutes a lens system is moved in accordance with an optical axis, and the illuminance unevenness on an illuminated field is adjusted.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, for adjusting illuminance unevenness, setting up the migration length of a lens for a long time, and having un-arranged [of causing enlargement of equipment], since there were few amounts of fluctuation of the distortion aberration on the illuminated field over the movement magnitude of a lens, when adjusting maintaining the focal distance of a lens system uniformly like the conventional illuminance unevenness adjustment method. Moreover, when the lens was moved for adjustment of illuminance unevenness, the telecentricity of a lens system was changed and there was also un-arranging [that it was stabilized and highly precise exposure could not be performed]. Then, this invention makes it a technical problem the illumination-light study equipment [it is possible to adjust illuminance unevenness by short paddle migration of a lens, and] which can amend fluctuation of the telecentricity of a lens system to coincidence and an aligner, its exposure method, and to offer the semiconductor device manufacture method further.

[0004]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention carries out incidence of the flux of light from the light source to an optical integrator, and forms two or more light source images. In illumination-light study equipment shown in drawing 1 which irradiates the flux of light from two or more light source images in superposition on an irradiated plane through a condenser lens At least a condenser lens (4) The 1st lens group (41), the 2nd lens group (42), It consists of 3rd lens groups (43). And the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) It is interdependently constituted movable so that a focal distance of a condenser lens (4) may be changed keeping constant a backside [a condenser lens (4)] focal location. The 1st lens group (41) So that fluctuation of telecentricity of a condenser lens (4) produced by migration with the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) may be amended The 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) are illumination-light study equipment

characterized by being constituted movable independently.

[0005] In an aligner which this invention leads the flux of light from the light source to a mask by illumination-light study system again, and imprints a pattern on a mask to a substrate according to projection optics An optical integrator with which an illumination-light study system forms two or more light source images based on the flux of light from the light source (1) (3), It has a condenser lens (4) which condenses the flux of light from two or more light source images formed with an optical integrator (3), and illuminates a mask (M). At least a condenser lens (4) The 1st lens group (41), the 2nd lens group (42), It consists of 3rd lens groups (43). And the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) It is interdependently constituted movable so that a focal distance of a condenser lens (4) may be changed keeping constant a backside [a condenser lens (4)] focal location. The 1st lens group (41) As fluctuation of telecentricity of a condenser lens (4) produced by migration with the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) is amended, the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) are aligners characterized by being constituted movable independently.

[0006] In an exposure method which this invention leads the flux of light from the light source to a mask by illumination-light study system again, and imprints a pattern on a mask to a substrate according to projection optics An optical integrator with which an illumination-light study system forms two or more light source images based on the flux of light from the light source (1) (3), It has a condenser lens (4) which condenses the flux of light from two or more light source images formed with an optical integrator (3), and illuminates a mask (M). At least a condenser lens (4) The 1st lens group (41), the 2nd lens group (42), It consists of 3rd lens groups (43). And the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) It is made to move interdependently so that a focal distance of a condenser lens (4) may be changed keeping constant a backside [a condenser lens (4)] focal location. The 1st lens group (41) As fluctuation of telecentricity of a condenser lens (4) produced by migration with the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) is amended, the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) are the exposure methods characterized by making it move independently.

[0007] A lighting production process which illuminates in superposition a mask which this invention carried out incidence of the flux of light from the light source to an optical integrator, formed two or more light source images again, and has been arranged through a condenser lens at an irradiated plane in the flux of light from two or more light source images, In a method of manufacturing a semiconductor device including an exposure production process which exposes to a substrate a pattern formed on a mask At least a condenser lens (4) The 1st lens group (41), the 2nd lens group (42), It consists of 3rd lens groups (43). And the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) It is made to move interdependently so that a focal distance of a condenser lens (4) may be changed keeping constant a backside [a condenser lens (4)] focal location. The 1st lens group (41) As fluctuation of telecentricity of a condenser lens (4) produced by migration with the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) is amended, the 2nd lens group (42) and the 3rd lens group (43) are the semiconductor device manufacture methods characterized by making it move independently.

[0008]

[Embodiment of the Invention] The cross section of the aligner concerning one example of this invention is shown in drawing 1 . In drawing 1 , incidence of the flux of light from the light source 1 which consists of excimer lasers, such as KrF and ArF, is carried out to the plastic surgery optical system 2 which consisted of expander lenses, it is orthopedically operated by the suitable configuration and incidence of it is carried out to the optical integrator 3 formed by the fly eye lens. And secondary light source images divided into plurality near the injection side of the optical integrator 3 are formed. Here, the optical integrator 3 consists of fly eye lenses by which many lens elements were bundled.

[0009] The illumination system aperture-diaphragm board 6 with which two or more kinds of aperture-diaphragm AP was formed near the injection side of the optical integrator 3 is arranged. One example of the illumination system aperture-diaphragm board 6 is shown in drawing 2 . In drawing 2 , on the illumination system aperture-diaphragm board 6, mostly, it consists of aperture-diaphragm AP1 and the small circular opening which consist of the usual big circular opening by the equiangular distance, and aperture-diaphragm AP2 for making small the sigma value which is a coherence factor, aperture-diaphragm AP3 of the shape of zona orbicularis for zona-orbicularis lighting, and fourths aperture-diaphragm AP4 which make carry out eccentricity of the four openings to deformation light source methods, and it comes to arrange are arranged. By rotating the illumination system aperture-diaphragm board 6, the aperture diaphragm of the arbitration of the four aperture diaphragms can be chosen. In addition, the angle of rotation of the illumination system aperture-diaphragm board 6 is controlled by the control unit 5 through the drawing driving means 61 for illumination systems which consists of a drive motor.

[0010] The flux of light which passed aperture-diaphragm AP was condensed by the condenser-lens system 4 by the Mth page of a mask, and lighting which illuminated the Mth page of a mask in superposition, and was excellent in

illuminance homogeneity is realized. And the detailed pattern currently formed on Mask M is projected on Wafer W through projection lens system PL, and exposure is performed. Here, the plane of incidence of the optical integrator 3 is conjugation as optically as Mask M, and Mask M and Wafer W are conjugation optically about projection lens system PL as projection optics. Moreover, the injection side or aperture-diaphragm AP of an optical integrator is conjugation as optically as the pupil of projection lens system PL as projection optics. A wafer process ends the wafer W which passed through the exposure production process (photolithography production process) by the aligner of this example shown in drawing 1 through the etching production process which only required thickness etches in portions other than the developed resist after a development production process, the resist removal production process of removing the unnecessary resist after an etching production process further, etc. And finally termination of a wafer process manufactures the semiconductor devices (LSI etc.) as a semiconductor device through each production process, such as dicing which was able to be burned like the actual assembler and which cuts and chip-izes a wafer for every circuit, bonding which gives wiring etc. to each chip, and packaging which carries out packaging for every chip. In addition, although the case where a semiconductor device was manufactured according to the photolithography production process in the wafer process which used the aligner was shown above, a liquid crystal display element, the thin film magnetic head, and image sensors (CCD etc.) can also be manufactured as a semiconductor device.

[0011] Below, the condenser-lens system 4 of this example is explained. The condenser-lens system 4 of this example consists of a 1st lens group 41, a 2nd lens group 42, and a 3rd lens group 43, and the 1st lens group displacement means 51 to which each lens groups 41, 42, and 43 are moved in accordance with an optical axis z, respectively, the 2nd lens group displacement means 52, and the 3rd lens group displacement means 53 are arranged at each lens groups 41, 42, and 43. Moreover, actuation of each lens group displacement means 51, 52, and 53 is controlled by the control unit 5. Furthermore, the 1st lens group 41 is considered as a configuration with almost no power, and the 2nd lens group 42 has positive power, and further, the 3rd lens group 43 is constituted so that it may have negative power. Moreover, the 3rd lens group 43 is constituted like the Galileo telescope which combined the convex lens and the concave lens, and has composition with few the inclination of a chief ray, i.e., a gap of telecentricity.

[0012] Furthermore, the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 are constituted so that the 2nd lens group displacement means 52 and the 3rd lens group displacement means 53 may be operated and the gap of both the lens groups 42 and 43 can be changed. By this, while changing the focal distance of the condenser-lens system 4, the amount of distortion aberration of the condenser-lens system 4 can be changed. On the other hand, by moving the whole in one, since a back focus location will also change to the focal distance and coincidence of the condenser-lens system 4 if the gap of the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 is changed, the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 are constituted so that a back focus location may become fixed and it may adjust. That is, the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 keeping constant a backside [the condenser-lens system 4] focal location, they are interdependently constituted movable so that the focal distance of the condenser-lens system 4 may be changed. Moreover, when the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 move, the inclination of a chief ray is changed a little. In order to amend this fluctuation, the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 are independently constituted for the 1st lens group 41 by the 1st lens group displacement means 51 movable. By this, the location of the exit pupil of the 1st lens group 41 is changed, it sees, the location of the upper light source image is changed, and the inclination of a chief ray is amended.

[0013] Here, the irradiated plane illuminance on the Mth page of a mask is explained. If the inclination of the light which sets the focal distance of the condensing lens system 4 to f, and carries out incidence to the condensing lens system 4 is set to theta, the function showing the projection relation of the condensing lens system 4 is set to G (theta) and A is made into a constant, it can express the image quantity y and the irradiated plane illuminance E as follows, respectively.

$$y = f \cdot G(\theta) \quad \dots (1)$$

$$E = \frac{A \sin \theta \cos \theta}{f^2 G(\theta) G'(\theta)} \quad \dots (2)$$

[0014] Although the amount D of distortion aberration of the condensing lens system 4 is usually prescribed by tan, in order to simplify count, when sin prescribes like the following (3) types, the image quantity y is expressed like the following (4) types here.

$$D = \frac{y - f \sin \theta}{f \sin \theta} \quad \dots (3)$$

$$y = (1 + D) f \sin \theta \quad \dots (4)$$

[0015] (1) From a formula and (4) types, it is Function G (theta),

$$G(\theta) = (1 + D) \sin \theta \quad \dots (5)$$

It is expressed. If the amount D of distortion aberration is further approximated by the following (6) formulas and

$$D = k \sin^2 \theta \quad \dots (6)$$

$$\text{Function } G(\theta) \text{ is differentiated here, } G'(\theta) = \cos \theta + 3k \sin^2 \theta \cos \theta \quad \dots (7)$$

It becomes. (5) It is an illuminance E if a formula and (7) types are substituted for (2) types,

$$E = \frac{A \sin \theta \cos \theta}{f^2 (1 + D) \sin \theta \cos \theta (1 + 3D)}$$

$$= \frac{A}{f^2} (1 - 4D) \quad \dots (8)$$

It becomes. That is, an illuminance E can be approximated as the focal distance f of the condensing lens system 4, and a function with the amount D of distortion aberration, and an illuminance E becomes so large that the amount D of distortion aberration is so small that a focal distance f is small. Therefore, the illuminance E of a periphery can be adjusted by changing a focal distance f and the amount D of distortion aberration. And compared with the case where an illuminance E adjusts maintaining a focal distance f uniformly by performing illuminance unevenness adjustment, changing a focal distance f like this example since an effect shows up in the square of a focal distance f, a big adjustable range is obtained only by little migration with the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43.

[0016] Below, drawing 3 explains actuation of each lens groups 41, 42, and 43. In the criteria location (drawing 3 (b)) where illumination distribution is almost uniform, it sets up so that the condensing lens system 4 may serve as negative distortion aberration. the distance between this criteria location to the 2nd lens group 42, and the 3rd lens group 43 -- keeping away (drawing 3 (a)) -- since the 2nd lens group 42 has positive power (focal distance $f_2 > 0$) and the 3rd lens group 43 has negative power (focal distance $f_3 < 0$), the focal distance f of the condensing lens system 4 becomes short, and distortion aberration becomes small (it is subtracted). Therefore, the illuminance E of a periphery can be made to increase from (8) types in this case. on the contrary, the distance between the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 -- bringing close (drawing 3 (c)) -- a focal distance f becomes long, and distortion aberration is that which becomes large (it is added), and can decrease the illuminance E of a periphery in this case.

[0017] Moreover, the flux of light to which the telecentricity of the condensing lens system 4 injects the 3rd lens group 43 in the case of drawing 3 (a) changes in the direction to open in the direction which is closed in the case of drawing 3 (c). In order to amend this, combining a convex lens and a concave lens, the 1st lens group 41 is fully long, for example, sets up a focal distance f_1 with $f_1 \geq 1000\text{mm}$, and constitutes an afocal system mostly. And maintaining almost uniformly the focal distance f of the whole system of the condensing lens system 4 by moving the 1st lens group 41, an apparent light source image position can be changed and the telecentricity of the condensing lens system 4 can be adjusted.

[0018] For example, when the flux of light injects like drawing 3 (a) in the direction opened from the 3rd lens group 43, as drawing 3 (d) showed, the 1st lens group 41 is moved to optical integrator 3 side direction, and an entrance pupil location is kept away from the 2nd lens group 42 to optical integrator 3 side direction. It can be made to change in the direction which closes the optical path shown with the dashed line in drawing by this as the continuous line showed. Moreover, in injecting in the direction which the flux of light closes from the 3rd lens group 43 like drawing 3 (c), as drawing 3 (e) showed, the 1st lens group 41 is moved to 2nd lens group 42 side direction, and it brings an entrance pupil location close to 2nd lens group 42 side direction. It can be made to change in the direction which opens the optical path shown with the dashed line in drawing by this as the continuous line showed.

[0019] Now, if aperture-diaphragm AP is switched and a opening configuration changes, generally the illumination distribution on the image surface will change. After adjusting, for example so that illumination distribution may be in almost uniform reference condition (drawing 4 (a)) using great-circle aperture-diaphragm AP1 if the relation between the configuration of aperture-diaphragm AP and the illumination distribution on the image surface is shown in drawing 4, when small-circle aperture-diaphragm AP2 is used, the quantity of light of a periphery increases relatively and serves as distribution shown in drawing 4 (b). Moreover, in zona-orbicularis-like aperture-diaphragm AP3 or fourths aperture-diaphragm AP4, the quantity of light of a periphery serves as distribution shown in drawing 4 (c) which fell relatively. In addition, drawing 4 shows the relative value on the basis of the illuminance of an image surface Kaminaka center section.

[0020] So, when aperture-diaphragm AP is switched, illuminance unevenness is adjusted as follows. That is, let the location of each lens groups 41, 42, and 43 at the time of the reference condition which made illumination distribution

homogeneity mostly using great-circle aperture-diaphragm AP1 first be a criteria location. When small-circle aperture-diaphragm AP2 is used, as shown in drawing 4 (b), since the illuminance of a periphery becomes high relatively rather than a core, it brings the distance of the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 close in accordance with an optical axis z, lengthens the focal distance of the whole system of the condenser-lens system 4, enlarges the amount of distortion aberration, and lowers the illuminance of a periphery. Moreover, since a back focus will also become long if the focal distance of the condenser-lens system 4 becomes long, the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 move the whole in one, and are kept away from Mask M. Furthermore, the 1st lens group 41 is moved to 2nd lens group 42 side direction in accordance with an optical axis z, and telecentricity is amended. In addition, what is necessary is just to operate the reverse at the time of using small-circle aperture-diaphragm AP2, since the illuminance of a periphery becomes low relatively rather than a core as shown in drawing 4 (c) when zona-orbicularis-like aperture-diaphragm AP3 and fourths aperture-diaphragm AP4 are used. Moreover, the movement magnitude of each lens groups 41, 42, and 43 is beforehand stored in the memory of a control unit 5, and controls each lens group displacement means 51, 52, and 53 to move to a desired location with a switch of aperture-diaphragm AP.

[0021] Next, the numerical example concerning the example of this invention is hung up over the following table 1 and table 2. In each table f The focal distance of the whole system of the condenser-lens system 4 (capacitor optical system), The focal distance of the 1st lens group 41 and f2 f1 The focal distance of the 2nd lens group 42, The focal distance of the 3rd lens group 43 and d0 f3 The shaft top distance from the injection side of the optical integrator 3 to the principal point of the 1st lens group 41, d1 The principal point gap from the principal point of the 1st lens group 41 to the principal point of the 2nd lens group 42, d2 The principal point gap from the principal point of the 2nd lens group 42 to the principal point of the 3rd lens group 43, The shaft top distance from the principal point of the 3rd lens group 43 to Mask M and TL d3 The overall length of the condenser-lens system 4 (shaft top distance from the injection side of the optical integrator 3 to a mask), The variation of the focal distance of the whole system of the condenser-lens system 4 and Tel deltaf The telecentricity of the condenser-lens system 4, As for the position 1, the condition when small-circle aperture-diaphragm AP2 is set up, and the position 2 show the condition when, as for a condition when great-circle aperture-diaphragm AP1 is set up, and a position 3, zona-orbicularis-like aperture-diaphragm AP3 or 4ths aperture-diaphragm AP4 as an eccentric aperture diaphragm is set up, respectively. In addition, deltaf shows the variation of the focal distance of the whole system of the condenser-lens system 4 in each position to a position 2.

[0022]

[A table 1]

The numerical example 1 A position 1 A position 2 Position 3 f 435 393 336 f1 15936 15936 15936 f2 311 311 311 f3 - 574 - 574 574 D - 0 211 249 261 d1 412 408 425 d2 147 191 269 d3 230 152 45 TL 1000 1000 1000 deltaf 11% **0% -15% Tel 0.01 0.02 0.04 [0023]

[A table 2]

The numerical example 2 A position 1 A position 2 Position 3 f 746 652 570 f1 -39051 - 39051 39051 F - 2 506 506 506 f3 - 817 - 817 817 D - 0 361 397 409 d1 1008 1044 1073 d2 243 323 414 d3 388 236 104 TL 2000 2000 2000 deltaf 14% **0% -13% Tel 0.02 0.03 0.04 [0024]

That an illuminance will change from the numerical example of each above table here in connection with variation deltaf of the focal distance of the whole system of the condenser-lens system 4 if $D < 0$ in the above-mentioned (8) formula can understand from the above-mentioned (8) formula. Moreover, the telecentricity Tel of the condenser-lens system 4 in the numerical example shown in each above-mentioned table is shown based on (14) types shown below. Then, derivation of (14) types is explained briefly below. In the numerical example shown in each above table, since the 1st lens group 41 has comparatively weak refractive power, the 1st lens group 41 can approximate the 1st group and the 3rd lens group 43 to the condenser-lens system 4 of 2 group configurations to which refractive power made the 2nd lens group 42 the 2nd group as zero. As shown in drawing 5, existence of the 1st lens 41 is disregarded. The shaft top distance from the injection side of the optical integrator 3 to the principal point of the 2nd lens group 42 In this case, d0', The principal point gap from the principal point of the 2nd lens group 42 to the principal point of the 3rd lens group 43 d1', If the overall length (shaft top distance from the injection side of the optical integrator 3 to a mask) of d2' and the condenser-lens system 4 is made into TL' for the shaft top distance from the principal point of the 3rd lens group 43 to Mask M, the relation of the following (9) type - (12) types will be materialized. However, in the focal distance of the whole system of the condenser-lens system 4 (capacitor optical system), the focal distance of f and the 2nd lens group 42 sets the focal distance of f2 and the 3rd lens group 43 to f3.

[0025]

$$d2' = f3 + \frac{(f3)^2}{d1' - f2 - f3} \quad \dots (9)$$

$$f = \frac{f2 \times f3}{f2 + f3 - d1'} \quad \dots (10)$$

$$d0' = TL' - d1' - d2' \quad \dots (11)$$

$$X = -f2 - \frac{(f2)^2}{d0' - f2} \quad \dots (12)$$

$$XX = -f3 - \frac{(f3)^2}{X + d1' - f3} \quad \dots (13)$$

Therefore, the telecentricity Tel of the condenser-lens system 4 in the numerical example shown in each above-mentioned table shows the value when approximating the condenser-lens system 4 to 2 group configurations, as shown in the following (14) types.

$$Tel = \frac{\phi}{2XX} \quad \dots (14)$$

However, phi shows the value when setting the lighting field in the above-mentioned (14) formula to phi= 55.2 in the numerical example which shows the diameter of the lighting field (lighting visual field) formed on Mask M, and is shown in each above-mentioned table. He can understand that amendment of the telecentricity Tel by the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 which are shown in the numerical example of each above-mentioned table can be adjusted by the 1st lens group 41 with comparatively weak refractive power from the above thing.

[0026] In addition, although the 1st lens group 41 is considered as the almost afocal configuration in this example, it has positive power, and the 1st lens group 41 and the 3rd lens group 43 are replaced, and it is [the 2nd lens group 42 considers as the configuration which has negative power, and] good [the 1st lens group 41] also considering the 3rd NZU group 43 as an almost afocal configuration. Moreover, although considered as the configuration which attached the 1st lens group displacement means 51, the 2nd lens group displacement means 52, and the 3rd lens group displacement means 53 in the 1st lens group 41, the 2nd lens group 42, and the 3rd lens group 43, respectively in this example The 1st lens group displacement means 51 and the 3rd lens group displacement means 53 are attached in the 1st lens group 41 and the 3rd lens group 43, respectively. It is also possible to consider the 2nd lens group displacement means 52 as the configuration which moves the 2nd lens group 42 and the 3rd lens group 43 in one as a whole with anchoring and the 2nd lens group displacement means 52 as the 3rd lens group 43 and one at the 2nd lens group 42.

[0027]

[Effect of the Invention] Since the illuminance unevenness produced by switch of an aperture diaphragm can be adjusted by short paddle migration of a lens and fluctuation of the telecentricity produced with illuminance unevenness adjustment can also be amended according to this invention as mentioned above while the miniaturization of equipment is possible, it is possible for it to be stabilized and to perform exposure of high resolution.

[Translation done.]

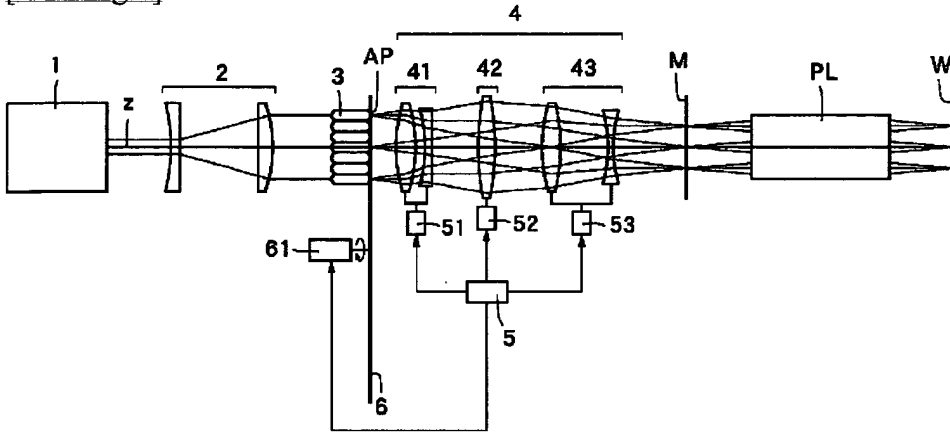
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

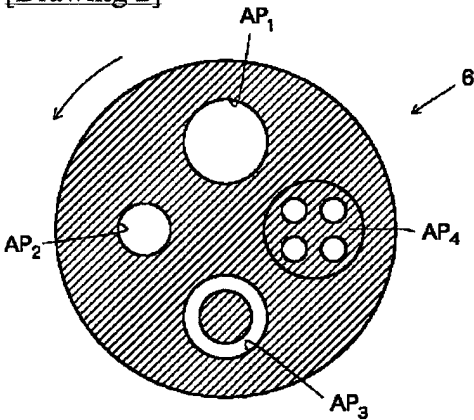
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

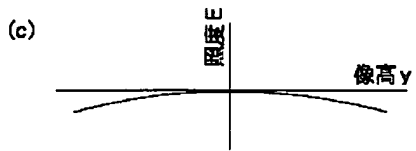
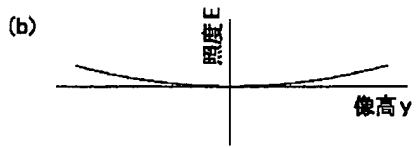
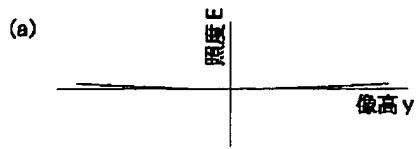
[Drawing 1]



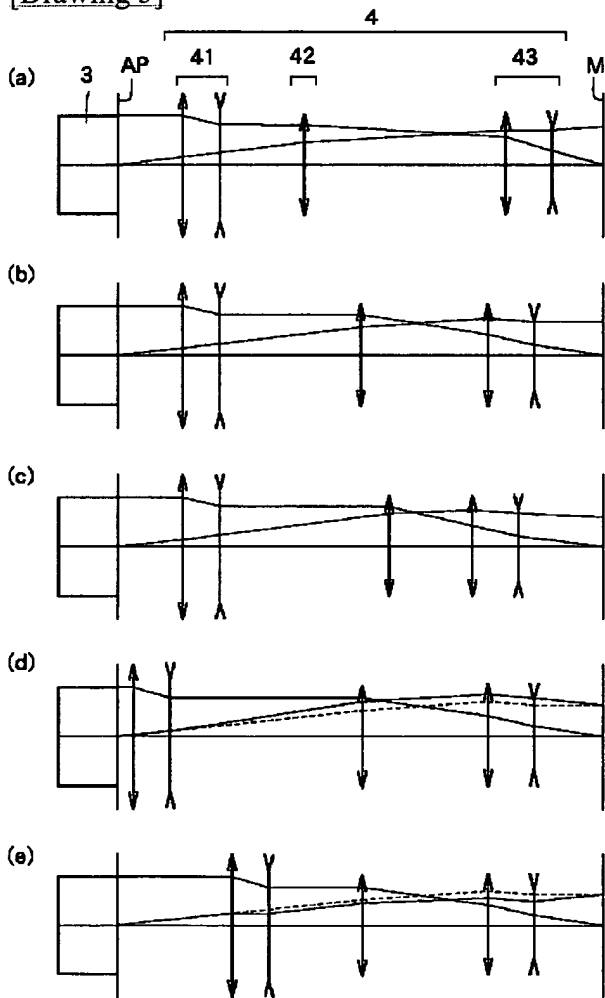
[Drawing 2]



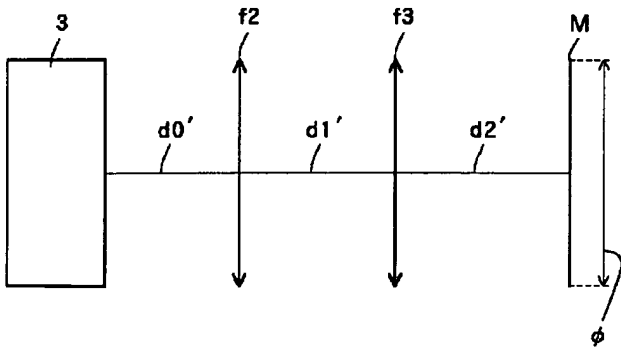
[Drawing 4]



[Drawing 3]



[Drawing 5]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-224853

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月17日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

G 0 2 B 13/24

G 0 2 B 13/24

19/00

19/00

G 0 3 B 27/32

G 0 3 B 27/32

F

G 0 3 F 7/20

G 0 3 F 7/20

5 2 1

5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-296530

(22) 出願日 平成10年(1998)10月19日

(31) 優先権主張番号 特願平9-347088

(32) 優先日 平 9 (1997)12月 1 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 杉山 香葉

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 谷津 修

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

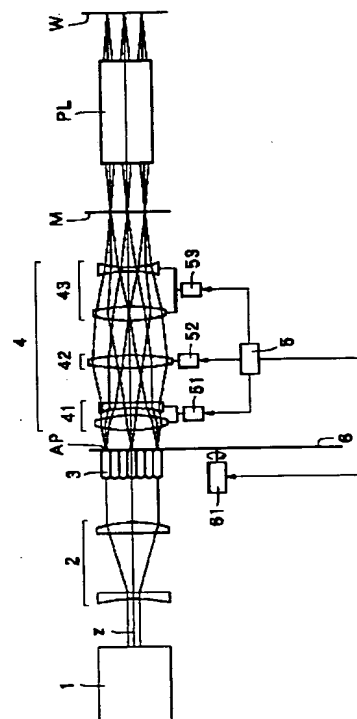
(74) 代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54) 【発明の名称】 照明光学装置、露光装置、露光方法、及び半導体デバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レンズの短い移動で照度むらの調整を行うことが可能で、同時にレンズ系のテレセントリシティの変動を補正可能な照明光学装置、及び露光装置とその露光方法、更には半導体デバイス製造方法を提供する。

【解決手段】 光源 (1) からの光束をオプティカルインテグレータ (3) に入射させて複数の光源像を形成し、光源像からの光束をコンデンサーレンズ (4) を介して被照射面 (M) 上に重畳的に照射するに際し、コンデンサーレンズ (4) を、少なくとも3群のレンズ群 (41) ~ (43) から構成し、第2レンズ群 (42) と第3レンズ群 (43) とは、コンデンサーレンズ (4) の後側焦点位置を一定に保ちつつ焦点距離を変化させるように相互依存的に移動可能に構成し、第1レンズ群 (41) は、コンデンサーレンズ (4) のテレセントリシティの変動を補正するように移動可能に構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】光源からの光束をオプティカルインテグレータに入射させて複数の光源像を形成し、該複数の光源像からの光束をコンデンサーレンズを介して被照射面上に重疊的に照射する照明光学装置において、

前記コンデンサーレンズは少なくとも第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、及び第 3 レンズ群から構成され、

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは、前記コンデンサーレンズの後側焦点位置を一定に保ちつつ前記コンデンサーレンズの焦点距離を変化させるように相互依存的に移動可能に構成され、

前記第 1 レンズ群は、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との移動により生じた前記コンデンサーレンズのテレセントリシティの変動を補正するように、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは独立に移動可能に構成されていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】前記第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、及び第 3 レンズ群は、前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 として、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学装置。

$$|f_1| \geq 1000 \text{ (mm)}$$

$$f_2 > 0$$

$$f_3 < 0$$

【請求項 3】光源からの光束を照明光学系によってマスクに導き、該マスク上のパターンを基板に転写する露光装置において、

前記照明光学系は前記光源からの光束に基づいて複数の光源像を形成するオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータで形成された前記複数の光源像からの光束を集光して前記マスクを照明するコンデンサーレンズとを有し、

前記コンデンサーレンズは少なくとも第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、及び第 3 レンズ群から構成され、

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは、前記コンデンサーレンズの後側焦点位置を一定に保ちつつ前記コンデンサーレンズの焦点距離を変化させるように相互依存的に移動可能に構成され、

前記第 1 レンズ群は、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との移動により生じた前記コンデンサーレンズのテレセントリシティの変動を補正するように、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは独立に移動可能に構成されていることを特徴とする露光装置。

【請求項 4】光源からの光束を照明光学系によってマスクに導き、該マスク上のパターンを基板に転写する露光方法において、

前記照明光学系は前記光源からの光束に基づいて複数の光源像を形成するオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータで形成された前記複数の光源像からの光束を集光して前記マスクを照明するコンデン

サーレンズとを有し、

前記コンデンサーレンズは少なくとも第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、及び第 3 レンズ群から構成され、

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは、前記コンデンサーレンズの後側焦点位置を一定に保ちつつ前記コンデンサーレンズの焦点距離を変化させるように相互依存的に移動させ、

前記第 1 レンズ群は、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との移動により生じた前記コンデンサーレンズのテレセントリシティの変動を補正するように、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは独立に移動させることを特徴とする露光方法。

【請求項 5】光源からの光束をオプティカルインテグレータに入射させて複数の光源像を形成し、該複数の光源像からの光束をコンデンサーレンズを介して被照射面に配置されたマスクを重疊的に照射する照明工程と、

前記マスク上に形成されたパターンを基板に露光する露光工程とを含む半導体デバイスを製造する方法において、

前記コンデンサーレンズは少なくとも第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、及び第 3 レンズ群から構成され、

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは、前記コンデンサーレンズの後側焦点位置を一定に保ちつつ前記コンデンサーレンズの焦点距離を変化させるように相互依存的に移動させ、

前記第 1 レンズ群は、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との移動により生じた前記コンデンサーレンズのテレセントリシティの変動を補正するように、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とは独立に移動させることを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項 6】前記第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、及び第 3 レンズ群は、前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 として、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 5 記載の半導体デバイス製造方法。

$$|f_1| \geq 1000 \text{ (mm)}$$

$$f_2 > 0$$

$$f_3 < 0$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被照射物を均一に照明するための照明光学装置、及び半導体デバイスを製造するための露光装置とその露光方法、更には半導体デバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子の製造に用いられる露光装置では、レチクルやマスク等の投影原版（本明細書においてマスクと総称する。）上に形成された回路パターンを照明光学系で照明し、このパターンを投影光学系でレジ

スト等の感光剤を塗布したガラスプレートやウエハ等の感光性基板（本明細書において基板と総称する。）上に結像転写するフォトリソグラフィ工程が用いられる。かかる露光装置において、照明光学系はマスク面及び基板面を均一に照明するように設計されるが、製造上生じる誤差から装置毎に異なった照度不均一性（いわゆる照度むら）が発生し、そのために製造工程の最終段階において照度むらを調整する必要がある。従来、照度むらを調整する方法として、特公平4-13686号公報に開示されている方法が知られている。すなわち、照明光学系を、光源からの光束を集光させて複数の光源像を形成するオプティカルインテグレータと、この複数の光源像からの光束を被照射面に照射するレンズ系とで構成し、かかるレンズ系の焦点距離を一定に維持しながらレンズ系を構成するレンズを光軸に沿って移動させ、被照明面上の照度むらを調整する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の照度むら調整方法のようにレンズ系の焦点距離を一定に維持しながら調整を行う場合は、レンズの移動量に対する被照明面上での歪曲収差の変動量は少ないため、照度むらの調整を行うにはレンズの移動距離を長く設定する必要が生じ、装置の大型化を招くという不都合があった。また、照度むらの調整のためにレンズの移動を行うと、レンズ系のテレセントリシティが変動し、高精度な露光が安定して行えないという不都合もあった。そこで、本発明は、レンズの短かい移動で照度むらの調整を行うことが可能であり、同時にレンズ系のテレセントリシティの変動を補正することが可能な照明光学装置、及び露光装置とその露光方法、更には半導体デバイス製造方法を提供することを課題とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、光源からの光束をオプティカルインテグレータに入射させて複数の光源像を形成し、複数の光源像からの光束をコンデンサーレンズを介して被照射面上に重畳的に照射する図1に示される照明光学装置において、コンデンサーレンズ（4）は少なくとも第1レンズ群（41）、第2レンズ群（42）、及び第3レンズ群（43）から構成され、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）とは、コンデンサーレンズ（4）の後側焦点位置を一定に保ちつつコンデンサーレンズ（4）の焦点距離を変化させるように相互依存的に移動可能に構成され、第1レンズ群（41）は、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）との移動により生じたコンデンサーレンズ（4）のテレセントリシティの変動を補正するように、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）とは独立に移動可能に構成されていることを特徴とする照明光学装置である。

【0005】本発明はまた、光源からの光束を照明光学

系によってマスクに導き、マスク上のパターンを投影光学系によって基板に転写する露光装置において、照明光学系は光源（1）からの光束に基づいて複数の光源像を形成するオプティカルインテグレータ（3）と、オプティカルインテグレータ（3）で形成された複数の光源像からの光束を集光してマスク（M）を照明するコンデンサーレンズ（4）とを有し、コンデンサーレンズ（4）は少なくとも第1レンズ群（41）、第2レンズ群（42）、及び第3レンズ群（43）から構成され、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）とは、コンデンサーレンズ（4）の後側焦点位置を一定に保ちつつコンデンサーレンズ（4）の焦点距離を変化させるように相互依存的に移動可能に構成され、第1レンズ群（41）は、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）との移動により生じたコンデンサーレンズ（4）のテレセントリシティの変動を補正するように、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）とは独立に移動可能に構成されていることを特徴とする露光装置である。

【0006】本発明はまた、光源からの光束を照明光学系によってマスクに導き、マスク上のパターンを投影光学系によって基板に転写する露光方法において、照明光学系は光源（1）からの光束に基づいて複数の光源像を形成するオプティカルインテグレータ（3）と、オプティカルインテグレータ（3）で形成された複数の光源像からの光束を集光してマスク（M）を照明するコンデンサーレンズ（4）とを有し、コンデンサーレンズ（4）は少なくとも第1レンズ群（41）、第2レンズ群（42）、及び第3レンズ群（43）から構成され、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）とは、コンデンサーレンズ（4）の後側焦点位置を一定に保ちつつコンデンサーレンズ（4）の焦点距離を変化させるように相互依存的に移動させ、第1レンズ群（41）は、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）との移動により生じたコンデンサーレンズ（4）のテレセントリシティの変動を補正するように、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）とは独立に移動させることを特徴とする露光方法である。

【0007】本発明はまた、光源からの光束をオプティカルインテグレータに入射させて複数の光源像を形成し、複数の光源像からの光束をコンデンサーレンズを介して被照射面に配置されたマスクを重畳的に照明する照明工程と、マスク上に形成されたパターンを基板に露光する露光工程とを含む半導体デバイスを製造する方法において、コンデンサーレンズ（4）は少なくとも第1レンズ群（41）、第2レンズ群（42）、及び第3レンズ群（43）から構成され、第2レンズ群（42）と第3レンズ群（43）とは、コンデンサーレンズ（4）の後側焦点位置を一定に保ちつつコンデンサーレンズ（4）の焦点距離を変化させるように相互依存的に移動させ、第1レンズ群（41）は、第2レンズ群（42）

と第3レンズ群(43)との移動により生じたコンデンサーレンズ(4)のテレセントリシティの変動を補正するように、第2レンズ群(42)と第3レンズ群(43)とは独立に移動させることを特徴とする半導体デバイス製造方法である。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明の一実施例に係る露光装置の断面図を図1に示す。図1において、KrF、ArF等のエキシマレーザーからなる光源1からの光束は、エキスパンドレンズで構成された整形光学系2に入射して適切な形状に整形され、フライアイレンズで形成されたオプティカルインテグレータ3に入射する。そしてオプティカルインテグレータ3の射出面近傍に複数個に分割された2次光源像が形成される。ここで、オプティカルインテグレータ3は、多数のレンズ素子が束ねられたフライアイレンズで構成されている。

【0009】オプティカルインテグレータ3の射出面近傍には複数種類の開口絞りAPが形成された照明系開口絞り板6が配置されている。照明系開口絞り板6の一実施例を図2に示す。図2において、照明系開口絞り板6上にはほぼ等角度間隔で、通常の大きな円形開口よりなる開口絞りAP₁、小さな円形開口よりなりコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞りAP₂、輪帯照明用の輪帯状の開口絞りAP₃、及び変形光源法用に4個の開口を偏心させて配置してなる四つ目開口絞りAP₄が配置されている。その照明系開口絞り板6を回転させることにより、4個の開口絞りのうちの任意の開口絞りを選択できる。なお、照明系開口絞り板6の回転角は、駆動モータよりなる照明系用絞り駆動手段61を介して、制御装置5によって制御される。

【0010】開口絞りAPを通過した光束はコンデンサーレンズ系4によりマスクM面に集光され、マスクM面を重疊的に照明して照度均一性のすぐれた照明を実現している。そしてマスクM上に形成されている微細パターンが投影レンズ系PLを介してウエハW上に投影され、露光が行われる。ここで、オプティカルインテグレータ3の入射面はマスクMと光学的に共役であり、マスクMとウエハWとは、投影光学系としての投影レンズ系PLに関して光学的に共役である。また、オプティカルインテグレータの射出面又は開口絞りAPは、投影光学系としての投影レンズ系PLの瞳と光学的に共役である。図1に示した本実施例の露光装置による露光工程(フォトリソグラフィ工程)を経たウエハWは、現像工程の後、現像されたレジスト以外の部分を必要な厚さだけ食刻するエッチング工程、さらにエッチング工程の後の不要なレジストを除去するレジスト除去工程等を経てウエハプロセスが終了する。そして、ウエハプロセスが終了すると、実際の組み立て工程にて焼き付けられた回路毎にウエハを切断してチップ化するダイシング、各チップに配線等を付与するボンディング、各チップ毎にパッケージ

ングするパッケージング等の各工程を経て、最終的に半導体装置としての半導体デバイス(LSI等)が製造される。なお、以上には、露光装置を用いたウエハプロセスでのフォトリソグラフィ工程により半導体デバイスを製造する場合を示したが、半導体デバイスとして、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD等)を製造することもできる。

【0011】つぎに、本実施例のコンデンサーレンズ系4について説明する。本実施例のコンデンサーレンズ系4は、第1レンズ群41、第2レンズ群42、及び第3レンズ群43から構成され、各レンズ群41、42、43には各レンズ群41、42、43を光軸zに沿ってそれぞれ移動させる第1レンズ群移動手段51、第2レンズ群移動手段52、及び第3レンズ群移動手段53が配置されている。また各レンズ群移動手段51、52、53の動作は制御装置5によって制御される。さらに、第1レンズ群41はパワーを殆ど持たない構成とされ、さらに第2レンズ群42は正のパワーを有し、第3レンズ群43は負のパワーを有するように構成されている。また第3レンズ群43は凸レンズと凹レンズとを組み合わせたガリレオ望遠鏡のように構成され、主光線の傾き、すなわちテレセントリシティのずれが少ない構成となっている。

【0012】さらに、第2レンズ群42と第3レンズ群43とは、第2レンズ群移動手段52及び第3レンズ群移動手段53を動作させて両レンズ群42、43の間隔を変えることができるように構成されている。これによって、コンデンサーレンズ系4の焦点距離を変化させると共に、コンデンサーレンズ系4の歪曲収差量を変化させることができる。一方、第2レンズ群42と第3レンズ群43との間隔を変えるとコンデンサーレンズ系4の焦点距離と同時にバックフォーカス位置も変わるので、第2レンズ群42と第3レンズ群43とは全体を一体的に移動させることによって、バックフォーカス位置が一定となるように調整するように構成されている。すなわち、第2レンズ群42と第3レンズ群43とはコンデンサーレンズ系4の後側焦点位置を一定に保ちつつコンデンサーレンズ系4の焦点距離を変化させるように相互依存的に移動可能に構成されている。また、第2レンズ群42と第3レンズ群43とが移動することによって主光線の傾きが若干変動する。この変動を補正するために、第1レンズ群41は、第1レンズ群移動手段51によって第2レンズ群42と第3レンズ群43とは独立に移動可能に構成されている。これによって、第1レンズ群41の射出瞳の位置を変化させて見かけ上の光源像の位置を変え、主光線の傾きを補正する。

【0013】ここで、マスクM面上での被照射面照度について説明する。コンデンサーレンズ系4の焦点距離をfとし、コンデンサーレンズ系4に入射する光線の勾配を θ とし、コンデンサーレンズ系4の射影関係を表す関数をG

(θ) とし、A を定数とすると、像高 y と被照射面照度 $y = f \cdot G(\theta)$

$$E = \frac{A \sin \theta \cos \theta}{f^2 G(\theta) G'(\theta)} \quad \dots (2)$$

【0014】コンデンサレンズ系 4 の歪曲収差量 D は通常 \tan で規定されるが、計算を簡単にするために、こ

$$D = \frac{y - f \sin \theta}{f \sin \theta} \quad \dots (3)$$

$$y = (1 + D) f \sin \theta \quad \dots (4)$$

【0015】(1) 式及び (4) 式より、関数 $G(\theta)$

$$G(\theta) = (1 + D) \sin \theta$$

と表される。ここで、歪曲収差量 D をさらに以下の

$$D = k \sin^2 \theta$$

$$G'(\theta) = \cos \theta + 3k \sin^2 \theta \cos \theta \quad \dots (7)$$

となる。(5) 式及び (7) 式を (2) 式に代入する

$$E = \frac{A \sin \theta \cos \theta}{f^2 (1 + D) \sin \theta \cos \theta (1 + 3D)} \\ \approx \frac{A}{f^2} (1 - 4D) \quad \dots (8)$$

となる。すなわち、照度 E はコンデンサレンズ系 4 の焦点距離 f と歪曲収差量 D との関数として近似することができ、照度 E は焦点距離 f が小さいほど、また歪曲収差量 D が小さいほど大きくなる。したがって、焦点距離 f と歪曲収差量 D とを変化させることで周辺部の照度 E を調整することができる。しかも照度 E は焦点距離 f の 2 乗で効果が現れるので、本実施例のように焦点距離 f を変化させながら照度 E を調整を行うことによって、焦点距離 f を一定に維持しながら調整を行う場合に比べ、第 2 レンズ群 4 2 と第 3 レンズ群 4 3 との少ない移動だけで大きな調整範囲が得られる。

【0016】つぎに、各レンズ群 4 1、4 2、4 3 の動作を図 3 により説明する。照度分布がほぼ均一な基準位置 (図 3 (b)) において、コンデンサレンズ系 4 が負の歪曲収差となるように設定しておく。この基準位置から第 2 レンズ群 4 2 と第 3 レンズ群 4 3 との間の距離を遠ざける (図 3 (a)) と、第 2 レンズ群 4 2 は正のパワー (焦点距離 $f_2 > 0$) を有し、第 3 レンズ群 4 3 は負のパワー (焦点距離 $f_3 < 0$) を有するので、コンデンサレンズ系 4 の焦点距離 f は短くなり、歪曲収差は小さくなる (よりマイナスとなる)。したがって (8) 式より、この場合は周辺部の照度 E を増加させることができる。逆に、第 2 レンズ群 4 2 と第 3 レンズ群 4 3 との間の距離を近づける (図 3 (c)) と焦点距離 f は長くなり、歪曲収差は大きくなる (よりプラスとなる) ので、この場合は周辺部の照度 E を減少させることができる。

E とはそれぞれ以下のように表すことができる。

$$\dots (1)$$

ここでは以下の (3) 式のように \sin で規定すると、像高 y は以下の (4) 式のように表される。

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

は、

$$\dots (5)$$

(6) 式で近似し、関数 $G(\theta)$ を微分すると、

$$\dots (6)$$

$$\dots (7)$$

と、照度 E は、

$$\dots (8)$$

【0017】またコンデンサレンズ系 4 のテレセントリシティは、図 3 (a) の場合には第 3 レンズ群 4 3 を射出する光束は開く方向に、図 3 (c) の場合には閉じる方向に変化する。これを補正するために、第 1 レンズ群 4 1 は凸レンズと凹レンズとを組み合わせることで焦点距離 f_1 を十分に長く、例えば $f_1 \geq 1000 \text{ mm}$ と設定してほぼアフォーカル系を構成する。そして第 1 レンズ群 4 1 を移動させることによりコンデンサレンズ系 4 の全系の焦点距離 f はほぼ一定に維持しつつ、見かけの光源像位置を変化させて、コンデンサレンズ系 4 のテレセントリシティを調整することができる。

【0018】例えば、図 3 (a) のように光束が第 3 レンズ群 4 3 から開く方向に射出する場合には、図 3

(d) で示したように、第 1 レンズ群 4 1 をオプティカルインテグレータ 3 側方向に移動させて入射瞳位置を第 2 レンズ群 4 2 よりオプティカルインテグレータ 3 側方向へ遠ざける。これによって図中の破線で示した光路を、実線で示したように閉じる方向に変化させることができる。また図 3 (c) のように光束が第 3 レンズ群 4 3 から閉じる方向に射出する場合には、図 3 (e) で示したように、第 1 レンズ群 4 1 を第 2 レンズ群 4 2 側方向に移動させて入射瞳位置を第 2 レンズ群 4 2 側方向へ近づける。これによって図中の破線で示した光路を、実線で示したように開く方向に変化させることができる。

【0019】さて、開口絞り AP が切り換えられて開口形状が変わると、一般に像面上の照度分布が変化する。開口絞り AP の形状と像面上の照度分布の関係を図 4 に

示すと、例えば、大円開口絞り AP_1 を用いて照度分布がほぼ均一な標準状態（図 4（a））になるように調整した後に、小円開口絞り AP_2 を用いた場合には周辺部の光量が相対的に増加し、図 4（b）に示した分布となる。また、輪帯状開口絞り AP_3 や四つ目開口絞り AP_4 では周辺部の光量が相対的に低下した図 4（c）に示した分布となる。なお、図 4 では像面上中央部の照度を基準とした相対値を示したものである。

【0020】そこで、開口絞り AP を切り換えた場合には次のように照度むらを調整する。すなわち、まず大円開口絞り AP_1 を用いて照度分布をほぼ均一とした標準状態のときの各レンズ群 41、42、43 の位置を基準位置とする。小円開口絞り AP_2 を用いた場合には、図 4（b）に示すように周辺部の照度は中心部よりも相対的に高くなるため、第 2 レンズ群 42 と第 3 レンズ群 43 との距離を光軸 z に沿って近づけ、コンデンサーレンズ系 4 の全系の焦点距離を長くし、歪曲収差量を大きくして、周辺部の照度を下げる。またコンデンサーレンズ系 4 の焦点距離が長くなるとバックフォーカスも長くなるので、第 2 レンズ群 42 と第 3 レンズ群 43 とは全体を一体的に移動させてマスク M から遠ざける。さらに、第 1 レンズ群 41 を光軸 z に沿って第 2 レンズ群 42 側方向に移動させてテレセントリシティを補正する。なお、輪帯状開口絞り AP_3 や四つ目開口絞り AP_4 を用いた場合には、図 4（c）に示すように周辺部の照度は中心部よりも相対的に低くなるので、小円開口絞り AP_2 を用いた場合の逆の動作を行えばよい。また、各レンズ群 41、42、43 の移動量は、あらかじめ制御装置 5

のメモリーに格納しておき、開口絞り AP の切り換えに伴って所望の位置に移動するように各レンズ群移動手段 51、52、53 を制御する。

【0021】つぎに、本発明の実施例にかかる数値例を以下の表 1 及び表 2 に掲げる。各表において、 f はコンデンサーレンズ系 4（コンデンサー光学系）の全系の焦点距離、 f_1 は第 1 レンズ群 41 の焦点距離、 f_2 は第 2 レンズ群 42 の焦点距離、 f_3 は第 3 レンズ群 43 の焦点距離、 d_0 はオブティカルインテグレート 3 の射出面から第 1 レンズ群 41 の主点までの軸上距離、 d_1 は第 1 レンズ群 41 の主点から第 2 レンズ群 42 の主点までの主点間隔、 d_2 は第 2 レンズ群 42 の主点から第 3 レンズ群 43 の主点までの主点間隔、 d_3 は第 3 レンズ群 43 の主点からマスク M までの軸上距離、 TL はコンデンサーレンズ系 4 の全長（オブティカルインテグレート 3 の射出面からマスクまでの軸上距離）、 Δf はコンデンサーレンズ系 4 の全系の焦点距離の変化量、 $Te1$ はコンデンサーレンズ系 4 のテレセントリシティ、ポジション 1 は小円開口絞り AP_2 が設定されたときの状態、ポジション 2 は大円開口絞り AP_1 が設定されたときの状態、ポジション 3 は輪帯状開口絞り AP_3 又は偏心開口絞りとしての四つ目開口絞り AP_4 が設定されたときの状態をそれぞれ示している。なお、 Δf はポジション 2 に対する各ポジションでのコンデンサーレンズ系 4 の全系の焦点距離の変化量を示している。

【0022】

【表 1】

数値例 1

	ポジション 1	ポジション 2	ポジション 3
f	435	393	336
f_1	15936	15936	15936
f_2	311	311	311
f_3	-574	-574	-574
d_0	211	249	261
d_1	412	408	425
d_2	147	191	269
d_3	230	152	45
TL	1000	1000	1000
Δf	11%	$\pm 0\%$	-15%
$Te1$	0.01	0.02	0.04

【0023】

【表 2】

数値例 2

	ポジション 1	ポジション 2	ポジション 3
f	746	652	570
f_1	-39051	-39051	-39051
f_2	506	506	506
f_3	-817	-817	-817
d_0	361	397	409
d_1	1008	1044	1073

d 2	2 4 3	3 2 3	4 1 4
d 3	3 8 8	2 3 6	1 0 4
TL	2 0 0 0	2 0 0 0	2 0 0 0
Δf	1 4 %	$\pm 0 %$	- 1 3 %
Te l	0. 0 2	0. 0 3	0. 0 4

【0024】ここで、上記（8）式における $D < 0$ とすると、以上の各表の数値例からコンデンサーレンズ系4の全系の焦点距離の変化量 Δf に伴い照度に変化することが、上記（8）式から理解できる。また、上記各表に示す数値例でのコンデンサーレンズ系4のテレセントリシティTe lは、以下に示す（14）式に基づいて示してある。そこで、以下において、（14）式の導出について簡単に説明する。以上の各表に示す数値例では、第1レンズ群41が比較的弱い屈折力を有しているため、第1レンズ群41が屈折力が零として、第2レンズ群42を第1群、第3レンズ群43を第2群とした2群構成のコンデンサーレンズ系4に近似することができる。この場合、図5に示す如く、第1レンズ41の存在を無視

$$d2' = f3 + \frac{(f3)^2}{d1' - f2 - f3} \quad \dots (9)$$

$$f = \frac{f2 \times f3}{f2 + f3 - d1'} \quad \dots (10)$$

$$d0' = TL' - d1' - d2' \quad \dots (11)$$

$$X = -f2 - \frac{(f2)^2}{d0' - f2} \quad \dots (12)$$

$$XX = -f3 - \frac{(f3)^2}{X + d1' - f3} \quad \dots (13)$$

従って、上記各表に示す数値例でのコンデンサーレンズ系4のテレセントリシティTe lは、以下の（14）式

$$Tel = \frac{\phi}{2XX} \quad \dots (14)$$

但し、 ϕ はマスクM上に形成される照明領域（照明視野）の直径を示しており、上記の各表に示す数値例では、上記（14）式での照明領域を $\phi = 5.5$ としたときの値を示している。以上のことから、上記各表の数値例に示される第2レンズ群42及び第3レンズ群43によるテレセントリシティTe lの補正は、比較的弱い屈折力を持つ第1レンズ群41によって調整できることが理解できる。

【0026】なお、本実施例では第1レンズ群41をほぼアフォーカルな構成としているが、第1レンズ群41と第3レンズ群43とを入れ換えて、第1レンズ群41は正のパワーを有し、第2レンズ群42は負のパワーを有する構成とし、第3レンズ群43をほぼアフォーカルな構成としてもよい。また、本実施例では第1レンズ群41、第2レンズ群42、及び第3レンズ群43にそれぞれ第1レンズ群移動手段51、第2レンズ群移動手段52、及び第3レンズ群移動手段53を取付けた構成としたが、第1レンズ群41及び第3レンズ群43にはそれぞれ第1レンズ群移動手段51及び第3レンズ群移動手

し、オプティカルインテグレータ3の射出面から第2レンズ群42の主点までの軸上距離を $d0'$ 、第2レンズ群42の主点から第3レンズ群43の主点までの主点間隔を $d1'$ 、第3レンズ群43の主点からマスクMまでの軸上距離を $d2'$ 、コンデンサーレンズ系4の全長（オプティカルインテグレータ3の射出面からマスクまでの軸上距離）を TL' とすると、以下の（9）式～（12）式の関係が成立する。但し、コンデンサーレンズ系4（コンデンサー光学系）の全系の焦点距離は f 、第2レンズ群42の焦点距離は $f2$ 、第3レンズ群43の焦点距離は $f3$ とする。

【0025】

に示すように、コンデンサーレンズ系4を2群構成に近似したときの値を示している。

段53を取付け、第2レンズ群42には第3レンズ群43と一体として第2レンズ群移動手段52を取付け、第2レンズ群移動手段52によって第2レンズ群42と第3レンズ群43とを全体として一体的に移動させる構成とすることも可能である。

【0027】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、開口絞りの切り換えにより生じる照度むらをレンズの短かい移動で調整することができるので、装置の小型化が可能であると共に、照度むら調整に伴って生じるテレセントリシティの変動も補正できるため、高解像度の露光を安定して行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る露光装置の断面図である。

【図2】本発明の一実施例に係る照明系開口絞り板の平面図である。

【図3】（a）第2レンズ群と第3レンズ群との間の距離を遠ざけた場合、（b）基準位置、（c）第2レンズ

群と第3レンズ群との間の距離を近づけた場合、(d) 第1レンズ群をオプティカルインテグレータ側方向に移動させた場合、(e) 第1レンズ群を第2レンズ群側方向に移動させた場合、をそれぞれ説明する図である。

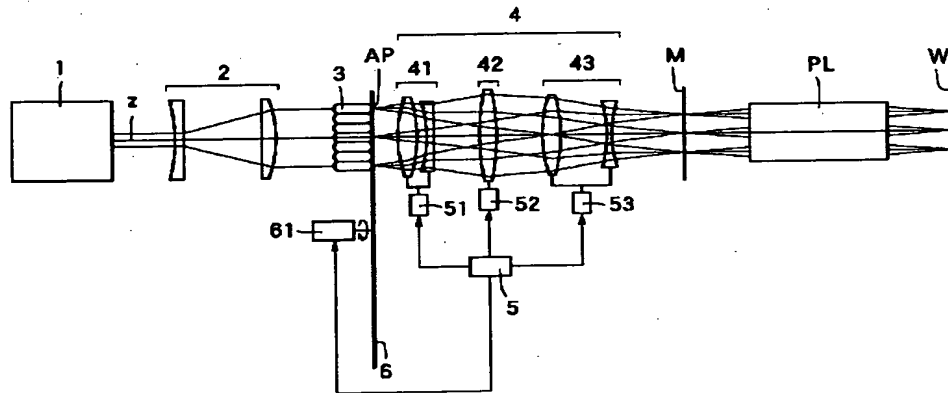
【図4】 (a) 標準状態の場合、(b) 小円開口絞りを用いた場合、(c) 輪帯状開口絞りや四つ目開口絞りを用いた場合のそれぞれ像面上の照度分布を示す図である。

【図5】 第2レンズ群と第3レンズ群により形成されるテレセントリシティの様子を説明するための図である。

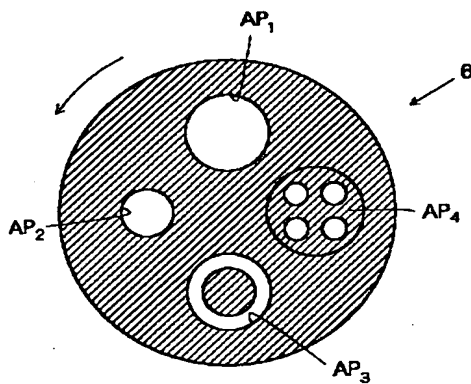
【符号の説明】

- | | |
|---|-------------------|
| 1…光源 | 2…整形光学系 |
| 3…オプティカルインテグレータ | 4…コンデンサーレンズ系 |
| 5…制御装置 | 6…照明系開口絞り板 |
| 41、42、43…レンズ群 | 51、52、53…レンズ群移動手段 |
| 61…照明系用絞り駆動手段 | |
| AP、AP ₁ 、AP ₂ 、AP ₃ 、AP ₄ …開口絞り | |
| M…マスク | PL…投影レンズ系 |
| W…ウエハ | z…光軸 |

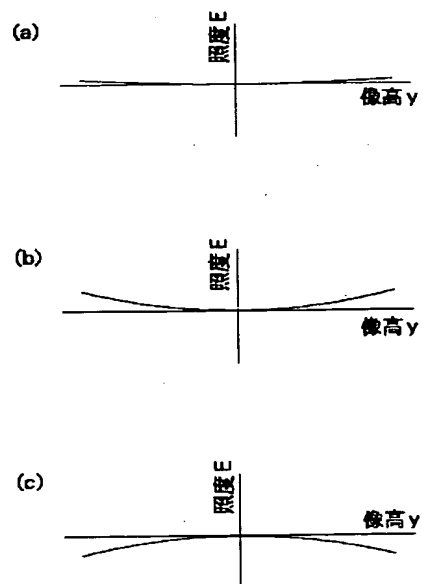
【図1】



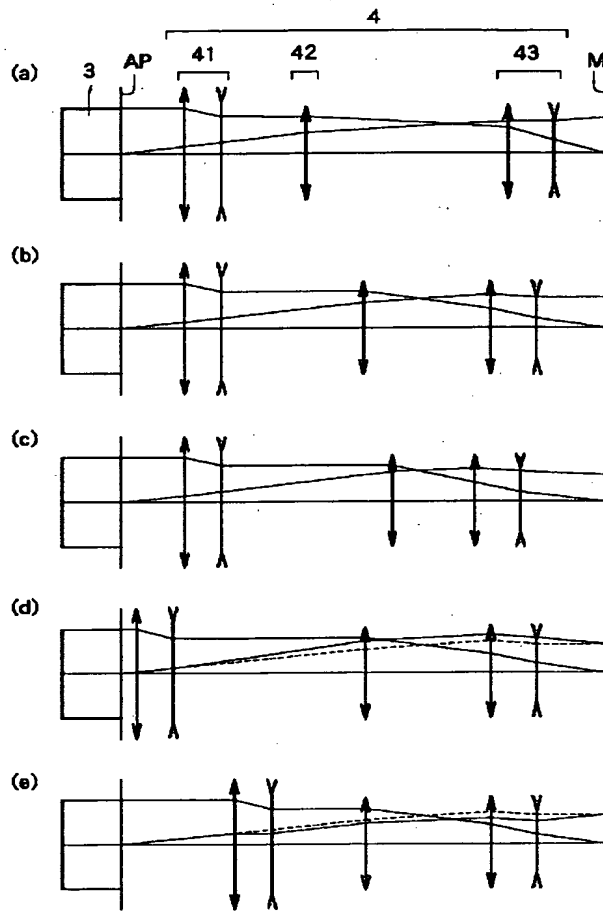
【図2】



【図4】



【図 3】



【図 5】

